

ОБЗОР КОНЦЕПЦИЙ УПРАВЛЕНИЯ ЗАПАСАМИ ОТ ПРОСТЕЙШИХ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ДО МЕТОДОВ ИНТЕГРАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ ЗАПАСАМИ

OVERVIEW OF INVENTORY MANAGEMENT CONCEPTS FROM THE SIMPLEST FEASIBILITY MODELS TO INTEGRATED INVENTORY MANAGEMENT METHODS

V. Antipenko
N. Babich
L. Kasimenko
N. Nikolaeva

Summary. At present, the question of the competitiveness of the production of special equipment continues to be relevant, which in turn determines the need for a thorough justification of the choice of specialized equipment used, including metal-cutting machines. At the same time, the current level of industrial development and the constant improvement of special equipment products leads to the fact that the range of machined parts is constantly increasing, which leads to regular technical re-equipment of the production of special equipment elements. Technical re-equipment, in turn, entails the need to develop and use the most competitive metalworking equipment (MO) both in the long and short term. Increasing the competitiveness of metal-cutting machines is achieved, in particular, by creating and selecting economically justified size ranges of metal-cutting machines and equipment that fully meets the current and future needs of the consumer. Many logistics tasks require information about the technical and economic functions of optimization objects. The lack of publications on the detailed structure of these functions makes it difficult to apply mathematical methods in logistics. The authors proposed a detailed structure of technical and economic functions with an example of their application to optimize the purchase of metalworking equipment by an enterprise. The purpose of the study: to build a model of the purchase of machine tools and equipment that is adequate to real conditions.

Keywords: stocks, logistics, stock management systems, mathematical model, optimization, algorithms.

Антипенко Виталий Сафронович

Д.т.н., доцент, ФГАОУ ВО «Российский университет транспорта»

Бабич Николай Сергеевич

Аспирант, ФГАОУ ВО «Российский университет транспорта»

babichnikolay35@gmail.com

Касименко Лидия Михайловна

К.ф.-м.н., ФГАОУ ВО «Российский университет транспорта»

kasimenkolm@mail.ru

Николаева Наталия Семёновна

Старший преподаватель, м.н.с., Московский государственный технический университет имени

Н.Э. Баумана

lepina_n@mail.ru

Аннотация. В настоящее время продолжает оставаться актуальным вопрос о конкурентоспособности производства спецтехники, который в свою очередь определяет необходимость тщательного обоснования выбора используемого специализированного оборудования, в том числе и металлорежущих станков. При этом, современный уровень развития промышленности и постоянное совершенствование продукции спецтехники приводит к тому, что постоянно возрастает номенклатура обрабатываемых деталей, что ведет к регулярному техническому перевооружению производств элементов спецтехники. Техническое перевооружение в свою очередь влечёт необходимость разработки и использования наиболее конкурентоспособного металлообрабатывающего оборудования (МО) как в долгосрочном, так и кратковременном плане. Повышение конкурентоспособности металлорежущих станков достигается, в частности, путем создания и выбора экономически обоснованных размерных рядов металлорежущих станков и оборудования, полностью обеспечивающего текущие и перспективные запросы потребителя. Во многих задачах логистики требуется информация о технико-экономических функциях объектов оптимизации. Отсутствие публикаций по детальной структуре указанных функций затрудняет применение математических методов в логистике. Авторами предложена детальная структура технико-экономических функций с примером их применения для оптимизации закупки металлообрабатывающего оборудования предприятием. Цель исследования: построить адекватную реальным условиям модель закупки станков и оборудования.

Ключевые слова: запасы, логистика, системы управления запасами, математическая модель, оптимизация, алгоритмы.

Введение

Для современных и перспективных производств характерно усложнение конструкций машин в связи с перманентным расширением номенклатуры обрабатываемых деталей, что требует обязательного предварительного изучения и классификации номенклатуры планируемых для изготовления деталей. Предложенная в работах [1–5] классификация по типу обработки заготовки упрощает выбор требуемого оборудования для обработки заготовок, дает возможность быстро перенастраивать производство при возникающей необходимости и может быть использована как входная информация для математической модели оптимизации значений размерных рядов металлорежущих станков. Предлагаемый авторами статьи подход заключается в рассмотрении задачи получения значений размерных рядов металлорежущих станков как математической задачи автоматизации управления процессами формирования размерного ряда металлообрабатывающих станков, которая в свою очередь является задачей оптимизации с многими переменными, в том числе с такими как параметры классификации станков и параметры классификации обрабатываемых на них деталей, а также в рассмотрении процесса создания оборудования как элемента логистики. Актуальность данной темы исследования обоснована практической потребностью в изменении существующих процессов анализа выбора и приобретения на предприятиях металлообрабатывающего оборудования (МО) для обработки планируемого объема деталей. В настоящее время главным, а зачастую и единственным, критерием выбора МО для предприятия остается цена приобретения (комплектующих, покупных) и срок гарантийного обслуживания. Но цена — только видимая часть айсберга, а большая часть расходов, связанных с использованием МО, скрыта в невидимой его части. В настоящее время современная экономическая наука предлагает универсальный метод интегральной оценки затрат по приобретению и владению материальными объектами. Этот метод основан на использовании структуры технико-экономических функций и показателей под названием «Total Cost of Ownership» (TCO) — «совокупная стоимость владения» [1]. TCO является одной из важнейших технико-экономических характеристик, применяемых при расчетах в задачах логистики автомобильной отрасли и других отраслях.

Материалы и методы

Для создания новых современных производств элементов продукции спецтехники и проведения технических перевооружений производств необходимо, опираясь на долгосрочное техническое и экономическое прогнозирование, формирование соответствующей

математической модели, учитывающей в том числе и существующие классификации станков и обрабатываемых на них деталей размерных рядов металлорежущих станков. В связи с появлением новых способов обработки возникает необходимость в приобретении более современных станков и оборудования для повышения эффективности работы предприятия, в частности, для высокоскоростной обработки деталей. По сравнению с обычной обработкой, высокоскоростная обработка (ВСО) характеризуется малой глубиной (0.3–4 мм) и шириной (0.3–1 мм) резания при частоте вращения шпинделя до 40000 об/мин и рабочей подаче до 20 м/мин. В мировом станкостроении сегодня наблюдается устойчивая тенденция создания станков с ЧПУ, предназначенных для ВСО. Использование многоцелевых станков и станков ВСО позволяет повысить эффективность обработки по сравнению с использованием одноцелевых станков, за счет времени транспортирования деталей, уменьшения подготовительно-заключительного времени, обеспечения точности (за счет исключения переустановки заготовок), сокращения площади, экономии электроэнергии и т.п., что экономически выгодно. В данной работе приведены результаты исследования по расчету и оптимизации МО с применением TCO для повышения конкурентоспособности производства деталей [1,2]. Под стоимостью владения понимают суммарную величину расходов, которые несет владелец МО в течение всего срока его целевого использования. В работе рассматривается использование метода расчета TCO в течение всего срока службы МО, с момента его приобретения, доставки и монтажа, в процессе эксплуатации, технического обслуживания и ремонтов и вплоть до завершения использования.

Одним из путей обеспечения достоверности результатов, получаемых при использовании разработанной методики расчета TCO МО, является введение учета изменения цен в течение рассматриваемого периода времени. Используются следующие методы установления зависимости цены от времени:

1. — метод экстраполяции на основе анализа ретроспективных данных (для товаров, предлагаемых на нестабильных рынках);
2. — метод экспертных оценок;
3. — коэффициент-дефлятор Минэкономразвития.

Первые два метода достаточно широко применялись на начальных этапах развития логистики, но их недостатки были очевидны и развитие экономической науки привело к необходимости введения коэффициент-дефлятора Минэкономразвития в сочетании с оценками TCO.

Коэффициент-дефлятор — ежегодно устанавливаемый Правительством РФ на календарный год коэффициент, учитывающий изменение потребительских цен

Таблица 1. 1

Отрасль	Годы				
	2019	2020	2021	2022	2023
Промышленность	105,9	105,3	105,5	105,5	105,5

на товары (работы, услуги) в Российской Федерации в предшествующем периоде, публикуемому в порядке, установленном Правительством РФ.

Результаты и обсуждения

Коэффициент-дефлятор на 2019–2021 годы Минэкономразвития в различных областях экономики разный. При этом указанные значения коэффициента на будущие периоды еще будут скорректированы специалистами министерства с учетом произошедших за последнее время экономических изменений и социальных реформ. Но при разработке бюджета и планировании закупочной деятельности на следующий год на плановые периоды организациям-заказчикам предлагается воспользоваться уже имеющимися значениями коэффициента, рассчитанными специалистами министерства. В таблице 1.1. представлены коэффициенты-дефляторы на 2019–2021 годы для машиностроительных отраслей. Срок эксплуатации металлорежущих станков примерно пять лет, поэтому для расчетного периода 2022–2023 годов принимается рассчитанное специалистами значение на 2021 год, которое по мере необходимости уточняется.

В зависимости от варианта вступления в состояние владения общая величина расходов P может существенно изменяться, однако, в данной работе ограничимся наиболее распространенным вариантом приобретения МО за полную рыночную стоимость. Покупка за полную стоимость P характеризуется переходом МО в собственность покупателя по факту оформления обмена МО на количество наличных или безналичных денег, определенное продавцом как цена продажи. В общем случае, основной частью расходов на вступление в состояние владения является стоимость МО, которая по величине равна сумме цены продажи МО и всех дополнительных расходов, связанных с его приобретением. Стоимость владения МО представляет собой общую величину технико-экономических функций и показателей целевых затрат, которые вынуждено нести предприятие с момента начала вступления в состояние владения МО до момента выхода из состояния владения и исполнения владельцем полного объема связанных с владением обязательств. А также представляет собой сумму расходов, в течение цикла владения МО, за вычетом стоимости МО и других расходов, возмещаемых при выходе

из состояния владения, например, при последующей продаже:

$$TCO = P - C_{gr} \quad (1.1)$$

где TCO — стоимость владения МО; P — расходы на владение (в этот показатель входит цена покупки); C_{gr} — возмещенная стоимость МО (например, после продажи).

Время владения МО — интервал времени от момента начала вступления в состояние владения, до момента выхода из этого состояния. Для удобства разделим расходы, возникающие за время владения на три группы:

- ◆ расходы на вступление в состояние владения;
- ◆ расходы на эксплуатацию;
- ◆ расходы на выход из состояния владения.

Суммарные расходы за указанный период (для металлорежущего станка — пять лет) представляют собой сумму всех расходов:

$$P = P_e + P_s + P_n \quad (1.2)$$

где P_e — расходы на вступление в состояние владения; P_s — расходы на эксплуатацию; P_n — расходы на выход из состояния владения (без учета C_{gr}).

Рассмотрим каждую из составляющих формулы (1.2).

Под расходами на вступление в состояние владения P_e МО понимаются расходы, связанные с переходом МО во владение, а величина расходов определяется как сумма

$$P_e = \sum P_i \quad (1.3)$$

где P_i — расходы, связанных с вступлением в состояние владения МО.

В настоящей работе допускается, что расходы на вступление в состояние владения возникают один раз за время владения МО, являются единовременными, и не зависят от срока владения. Переход МО во владение может реализовываться путем приобретения, а также без приобретения МО в собственность. Рассмотрим следующие варианты:

1. С приобретением в собственность:
 - ◆ покупка за полную рыночную стоимость;
 - ◆ покупка в рассрочку;
 - ◆ покупка в кредит;
 - ◆ дарение.
2. Без приобретения в собственность:
 - ◆ безвозмездная передача во владение;
 - ◆ лизинг/аренда.

Приобретение МО в рассрочку, кредит, дарение, лизинг имеют свои особенности, которые необходимо учитывать. Например, следует учитывать стоимость кредита $P_{кл}$ — затраты на кредит, обслуживание кредита и т.п.

В зависимости от варианта вступления в состояние владения общая величина расходов P_e может существенно изменяться, однако, в данной работе мы будем рассматривать как наиболее распространенный вариант приобретения МО за полную рыночную стоимость.

Покупка за полную стоимость P_{el} характеризуется переходом МО в собственность покупателя по факту оформления обмена МО на количество наличных или безналичных денег, определенное продавцом как цена продажи.

В общем случае, основной частью расходов на вступление в состояние владения является стоимость МО, которая по величине равна сумме цены продажи МО и всех дополнительных расходов, связанных с его приобретением:

Расходы на вступление в состояние владения в этом случае являются единовременными и определяются по формуле (1.4).

$$P_{el} = C_n + P_d + P_n + P_c + P_n \quad (1.4)$$

где C_n — рыночная цена продажи МО; P_d — дополнительные расходы на приобретение; P_n — расходы на монтаж и подготовку ввода в эксплуатацию МО; P_c — страхование; (P_n — затраты на налоги, могут быть включены рыночную цену продажи МО). Рыночная цена МО часто отождествляется с ценой продажи, что является допустимо только при определенных условиях. Цена продажи представляет собой денежный эквивалент МО, количество денег, в обмен на которые продавец готов передать, а покупатель согласен получить МО. Но, процесс приобретения может быть связан с дополнительными расходами, в той или иной мере увеличивающими общие расходы на вступление в состояние владения. К дополнительным расходам может быть отнесена стоимость проезда к месту совершения сделки, оплата услуг экспертов, расходы на транспортировку МО и т.д. Кроме того, дополнительные расходы могут

увеличиваться за счет дополнительного оборудования, если они не отражены в предложении о продаже. Расходы на подготовку ввода в эксплуатацию МО необходимы для успешного ввода в эксплуатацию приобретаемого оборудования. В данные расходы входит подготовка помещения, при необходимости установка фундамента, подвод электричества, воды, установка вытяжки, обучение персонала. Для расходов на эксплуатацию характерна низкая точность их прогнозных оценок, что объясняется, прежде всего, сложностью, а в некоторых случаях, невозможностью достоверного и точного определения некоторых существенных факторов, определяющих их величину. Срок эксплуатации МО — 5 лет. Для расходов на эксплуатацию характерна низкая точность их прогнозных оценок, что объясняется, прежде всего, сложностью, а в некоторых случаях, невозможностью достоверного и точного определения некоторых существенных факторов, определяющих их величину.

Текущие затраты P_s рассчитываются на год по формуле:

$$P_s = \mathcal{E} + M + L_o + L_d + L_{el} + P_{nl} + P_{pl} + P_{al} + P_k \quad (1.5)$$

где \mathcal{E} — затраты на электроэнергию; M — затраты на материалы, используемые при эксплуатации оборудования — сжатый воздух, воду, азот и др.; L_o и L_d — основная и дополнительная заработная плата основных производственных рабочих; L_{el} — единый социальный налог с заработной платы основных производственных рабочих; P_{nl} — затраты на наладку оборудования; P_{pl} — затраты на ремонт оборудования; P_{al} — амортизация оборудования; P_k — косвенные расходы.

Рассчитывая стоимость владения, следует учитывать, что все средства, вырученные при продаже или переработке МО в процессе выхода из состояния владения, должны вычитаться из величины расходов, понесенных за время владения.

В случае продажи МО на вторичном рынке собственник несет расходы, связанные с процессом продажи, в первую очередь, на подготовку МО к продаже. Если на продажу выставляется технически неисправное МО, расходы могут возрасти за счет оплаты места его хранения.

Таким образом технико-экономическая характеристика МО, функция, учитывающая все статьи расходов принимает вид:

$$TCO = P - C_{gr}$$

$$TCO = (P_e + P_s + P_n) - C_{gr}$$

$$TCO = [C_n + P_o + P_n + P_c + P_h + \Xi + M + L_o + L_d + L_{el} + P_{nl} + P_{pl} + P_{al} + P_k + P_{\Xi} + P_d + P_t + P_{ll}] - C_e.$$

Один из основных параметров, влияющих на TCO, это мощность m металлорежущего станка. технико-экономических функций и показателей

$$TCO(m) = [C_n(m) + P_o(m) + P_{nl}(m) + P_c(m) + P_h(m) + \Xi(m) + M(m) +$$

$$+ L_o(m) + L_d(m) + L_{el}(m) + P_{nl}(m) + P_{pl}(m) + P_{am}(m) + P_k(m) + (P_{\Xi}(m) + P_d(m) + 1.6)$$

$$+ P_m(m) + P_{nl}(m)] - C_e(m) = f(m)$$

Выбор закупаемого оборудования с использованием методики TCO осуществляется на основе технико-экономических функций и показателей, сгруппированных в (1.6), строится критерий эффективности приобретаемого оборудования для выполнения работ из интервала (а, b) [12–15]. Обозначим количество закупаемых станков N , мощности которых m_k , $k=1-N$, обеспечивают выполнение работ из интервала (а, b). Тогда, следуя [15], запишем критерий эффективности F_N в виде $(M_m\{\}$ — символ математического ожидания). Оценку оптимальных значений m_k получаем, следуя [15], с помощью алгоритмов стохастической аппроксимации. Предлагаемый авторами статьи подход заключается рассмотрении задачи получения значений размерных рядов металлорежущих станков как математической задачи автоматизации управления процессами формирования размерного ряда металлообрабатывающих станков, которая в свою очередь является задачей оптимизации с многими переменными, в том числе с такими как параметры классификации станков и параметры классификации обрабатываемых на них деталей, а также в рассмотрении процесса создания оборудования как элемента логистики. Критерий учитывает так называемые затраты на адаптацию, то есть затраты, возникающие из-за несовпадения требуемых значений параметров станков и предлагаемых [15]. Это типичная проблема внутренней логистики связывающей материальные потоки (детали, станки и т.п.) с экономическими потоками (затраты на производство, реновацию и т.п.) за время жизни станка. Тогда критерий ряда (целевой функционал) запишем в виде [1]:

$$F_N = \sum_{k=1}^N f(m_k) + \sum_{k=1}^N M_m \{ [f(m) - f(m_k)]^2 \} \rightarrow \min \quad (1.7)$$

Таким образом, требуется установить количество членов ряда N и автоматизировать процесс оптимизации значений параметров для всех N , таким образом, чтобы минимизировать величину целевого функционала, построенного из технико-экономических функций, характеризующих изделия, при условии выполнения запланированного объема работ. Другими словами, оптимальный размерный ряд должен обеспечивать выполнение всех планируемых объемов работ полностью за время жизни станков с минимальными затратами.

ВЫВОДЫ

Таким образом, требуется установить количество членов ряда N и автоматизировать процесс оптимизации значений параметров m_k для всех N , чтобы минимизировать величину целевого функционала, построенного из технико-экономических функций, характеризующих изделия, при условии выполнения запланированного объема работ. Другими словами, оптимальный размерный ряд должен обеспечивать выполнение всех планируемых объемов работ полностью за время жизни станков с минимальными затратами.

Возникает необходимость установления структуры и вида целевого функционала с советующим ограничением на значения параметров и показателей. Исходя из вида и структуры целевого функционала, выбирается метод установления оптимальных значений параметров ряда металлорежущих станков, то есть устанавливается оптимальный размерный ряд станков. В работе обсуждаются принципы построения перспективных размерных рядов металлорежущих станков с учетом недавно введенной дополнительной классификация станков и предложенной в [5] классификация деталей. Рассматривается задача оптимизации размерных рядов металлорежущих станков. Таким образом, цена приобретения Предприятием МО не является единственным критерием выбора. Рассматривая вопрос выбора оборудования «наилучшим результатом» представляется максимально возможное снижение стоимости владения относительно некоторой исходной величины при сохранении заданных эксплуатационных характеристик. То есть, важнейшими характеристиками при выборе оборудования являются цена оборудования, исходная стоимость владения и выявление статей расходов, имеющих тенденцию к изменению.

ЛИТЕРАТУРА

1. Зобнин В.А. Расчет и оптимизация стоимости владения легковым автомобилем в некоммерческой эксплуатации [Электронный ресурс]. 2012. Режим доступа: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/a7/Motorcar_TCO_Zobnin.pdf (Дата обращения: 18.02.2019).
2. Аверьянов О.И., Модульный принцип построения станков с ЧПУ. — М.: Машиностроение, Москва, 1987. — 232 с.

3. Бирбраер Р.А., Альтшулер И.Г. Основы инженерного консалтинга. — М.: Дело, 2007. — 232 с.
4. Бочаров В.В. Инвестиции / В.В. Бочаров. — СПб.: Питер, 2002. — 176 с.
5. Вереина Л.И., Черпаков Б.И. Технологическое оборудование машиностроительного производства /Л.И. Вереина, Б.И. Черпаков.— М.: Академия, 2015.— 416 с.
6. Галий В.В. Повышение эффективности проектирования производственных участков на основе направленного формирования номенклатуры изделий и использования количественно оцениваемого подобия решений: реф. дис. кандидата технических наук: 05.02.08 / Галий Валентин Владимирович; Место защиты: Моск. гос. техн. университет им. Н.Э. Баумана. — Москва, 2016. — 150 с.
7. Одинцова Л.А. Методические указания по выполнению экономической части дипломных проектов / Л.А. Одинцова — М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2007. — 44с.
8. Мещерякова В.Б., Стародубов В.С. Металлорежущие станки с ЧПУ / В.Б. Мещерякова, В.С. Стародубов. — М. ИНФРА-М, 2015. — 336 с.
9. Проектирование автоматизированных станков и комплексов: в 2 т. / П.М. Чернянский, Г.Н. Васильев, Н.С. Николаева и др. -М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2014. — 332 с., — 304 с.
10. Соломенцев Ю.М., Антипенко В.С., Николаева Н.С. Повышение эффективности серийного производства деталей путём управления процессами формирования размерного ряда металлообрабатывающих станков / Соломенцев Ю.М., Антипенко В.С., Николаева Н.С. // Автомобильная промышленность. — 2019, с. 32–35.
11. Стародубов В.С., «Модульный принцип построения металлорежущих станков с числовым программным управлением» // Вестник МГТУ, серия «Технология и технологические машины», 2012, с. 68–74.
12. Экономика предприятия / под ред. С.Г. Фалько — 2-е изд. Исп. — М.: Дрофа, 2011. — 346 с.
13. Феллер, В. Введение в теорию вероятностей и ее приложения/ В. Феллер. — М.: Мир, 1984. — т. 1. — 527 с.
14. Феллер, В. Введение в теорию вероятностей и ее приложения / В. Феллер. — М.: Мир, 1984. — т. 2. — 751 с.
15. Цыпкин, Я.З. Основы информационной теории идентификации/ Я.З. Цыпкин. — М.: Наука, 1984. — 320 с.

© Антипенко Виталий Сафронович, Бабич Николай Сергеевич (babichnikolay35@gmail.com),
Касименко Лидия Михайловна (kasimenkolm@mail.ru), Николаева Наталья Семёновна (lepina_n@mail.ru).
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Российский университет транспорта